

PENGARUH BADAI ANTARIKSA OKTOBER-NOVEMBER 2003 TERHADAP LAPISAN IONOSFER DAN KOMUNIKASI RADIO

Jiyo*), Clara Yono Yatini**)

*)Peneliti Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi

***) Peneliti Bidang Matahari dan Lingkungan Antariksa

ABSTRACT

This paper discuss solar storms on October 28th and 29th 2003 and their effects on the ionospheric layer and radio communication in Indonesia. We use ionospheric data over Tanjungsari by using IPS71 ionosonde and short wave radio monitoring system at Bandung. Results shows that this storms were caused ionospheric storm on October 30th until November 2th 2003. Negative storm was occurred on October 30th and 31th, while positive storm was occurred on November 1st and 2nd. Solar storms also cause blackout effect on the Songkla-Tanjungsari circuit radio communication at morning and afternoon on October 30th, and influence on RRI-Jakarta and ABC-Melbourne signal receives.

ABSTRAK

Makalah ini membahas dampak badai antariksa yang terjadi pada tanggal 28 dan 30 Oktober 2003 terhadap lapisan ionosfer dan komunikasi radio di Indonesia. Data yang digunakan adalah hasil pengamatan dengan ionosonda IPS71 di Stasiun Pengamat Dirgantara (SPD) Tanjungsari, dan sistem monitoring sinyal radio gelombang pendek (*Short Wave*, SW). Dari pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa dampak badai antariksa yang terjadi pada tanggal 28 dan 30 Oktober 2003 adalah terjadinya badai ionosfer negatif di Tanjungsari pada tanggal 30 dan 31 Oktober 2003. Kemudian diikuti badai ionosfer positif pada tanggal 1 dan 2 November 2003. Sementara dampaknya pada komunikasi radio adalah terjadinya *blackout* pada sirkuit komunikasi Songkla-Tanjungsari, terjadi tanggal 30 Oktober 2003 sebanyak dua kali, yaitu pagi dan siang hari, serta berdampak pula terhadap penerimaan sinyal gelombang RRI Jakarta dan ABC- Melbourne.

1 PENDAHULUAN

Telah diketahui bahwa pada tanggal 28 dan 31 Oktober 2003 terjadi ledakan (*flare*) besar di matahari, dan berpengaruh terhadap lingkungan bumi. Peningkatan energi yang dilontarkan matahari dan mencapai lingkungan atmosfer bumi akan meningkatkan produksi ionisasi di lapisan ionosfer. Kondisi ekstrim seperti yang terjadi di matahari dan berdampak pada lingkungan bumi ini disebut badai antariksa. Selain itu, peristiwa tersebut juga menyebabkan pelimpahan curahan partikel bermuatan di magnetosfer dan pada akhirnya mencapai lapisan ionosfer bumi. Peningkatan energi dan juga

partikel bermuatan ke lingkungan bumi tersebut berpengaruh terhadap komunikasi radio dan satelit. Oleh karenanya penelitian dan pembahasan tentang dampak badai antariksa pada tanggal-tanggal tersebut penting dan perlu dilakukan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh fenomena badai antariksa terhadap komunikasi radio, khususnya pada band gelombang pendek (HF). Dengan diketahuinya pengaruhnya terhadap komunikasi radio, maka dikemudian hari jika terjadi hal serupa, bisa disampaikan peringatan dini dan juga dapat diambil langkah-langkah penanggulangannya.

2 BADAI ANTARIKSA DAN PENGUKURANNYA

Cuaca antariksa didefinisikan sebagai suatu telaah, observasi, dan prakiraan aktivitas matahari, dan pengaruhnya terhadap angin surya (*solar wind*), magnetosfer dan ionosfer (NOAA Magazine, May 21, 2003). Mengacu kepada definisi tersebut, maka dapat diartikan bahwa badai antariksa adalah keadaan ekstrim dari cuaca antariksa. Keadaan ekstrim yang dimaksud dinyatakan dalam tingkat aktivitas matahari, geomagnet, dan lapisan ionosfer. Dengan mengambil rujukan seperti ini, maka wajar jika Buosanto (1999) menggunakan definisi badai ionosfer sebagai keadaan ekstrim dari cuaca antariksa yang mempunyai dampak penting terhadap sistem teknologi ruang angkasa (*ground-based* atau *space-based*). Dalam hal ini jelaslah bahwa penggerak utama perubahan cuaca antariksa adalah aktivitas matahari.

Sampai saat ini kejadian ledakan di matahari belum dapat diprakiraannya dengan tepat. Namun sebagai indikasi akan adanya flare tersebut dapat digunakan perkembangan bilangan bintik matahari. Dengan demikian informasi kemungkinan akan terjadinya badai antariksa tersebut masih bisa diperoleh. Selain itu, kejadian badai antariksa tidak muncul secara periodik sehingga untuk menanggulangi dampak dari peristiwa ini, maka diperlukan sistem peringatan dini (*early warning*).

Selanjutnya, tinjauan pengaruh badai antariksa terhadap ionosfer ditekankan kepada perilaku lapisan F2 yang mempunyai ketergantungan kuat terhadap perubahan aktivitas matahari. Jadi representasi badai ionosfer banyak menggunakan perilaku kerapatan elektron maksimum lapisan F2 (NmF2) ataupun menggunakan frekuensi kritis lapisan tersebut (foF2). Thomas (1975) menggunakan NmF2, NmE, dan titik pantul gelombang radio pada frekuensi 16 KHz untuk melihat keberadaan badai ionosfer. Adenyi (1986) menggunakan NmF2 untuk

melihat pengaruh badai magnetik terhadap lapisan F ekuator. Untuk hari-hari terjadinya badai, maka harga NmF2 berbeda jauh terhadap mediannya. Sementara Rodger et al. (1989) menggunakan indeks N/No untuk melihat kejadian badai ionosfer, dengan N adalah harga NmF2 pada saat terjadi badai antariksa dan No menyatakan harga NmF2 pada saat tenang. Badai ionosfer terjadi jika $N/No > 1$. Kemudian Sergeenko dan Givishvili (1999) menggunakan perbandingan antara foF2 saat terganggu terhadap harga median berjalan dari foF2 saat tenang. Ada pula peneliti yang menggunakan TEC untuk melihat badai ionosfer (Baran et al, 2002), dengan melihat simpangannya terhadap harga median TEC. Pada saat ini ada situs internet yang menggunakan grafik selisih antara foF2 dengan mediannya (berjalan) untuk melihat badai ionosfer.

3 PENGARUH BADAI ANTARIKSA TERHADAP KOMUNIKASI RADIO

Pengaruh badai antariksa terhadap propagasi gelombang radio, khususnya pada band HF adalah sebagai berikut.

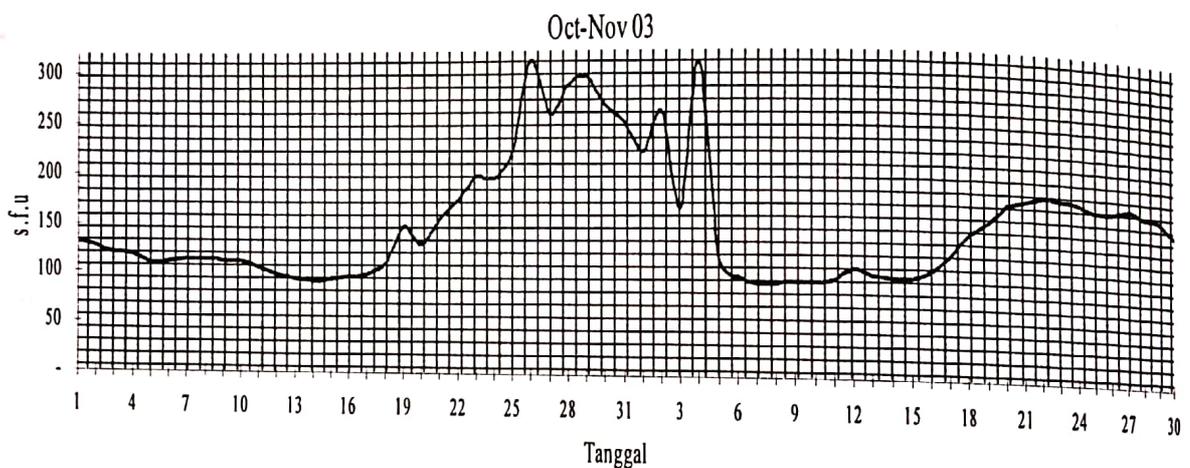
Perubahan cuaca antariksa akan berpengaruh terhadap (NOAA Magazine, May 21, 2003) :

- a. Peningkatan partikel berenergi tinggi di magnetosfer akan mengganggu sistem elektronis dari satelit dan mengganggu orbitnya;
- b. Astronot akan mengalami resiko radiasi lebih tinggi;
- c. Proton dari matahari akan membahayakan kesehatan pesawat yang terbang tinggi dalam penerbangan jarak jauh (misalnya New York - Tokyo);
- d. Selama badai ionosfer komunikasi radio akan kena dampaknya berupa *blackout*;
- e. Sistem navigasi juga akan terkena dampaknya;
- f. Badai magnetik, sebagai bagian dari badai antariksa, berbahaya terhadap peralatan transmisi elektrik;

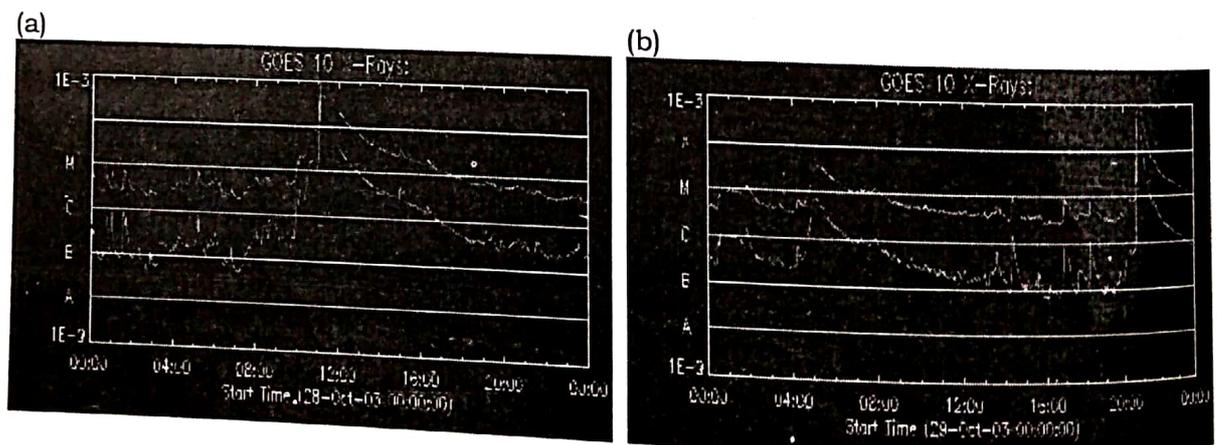
- g. Jaringan pipa pada saat badai magnetik akan mempengaruhi aliran bahan bakar dan mempercepat korosi;
- h. Eksplorasi geologi menggunakan medan magnet bumi, dan jika terganggu, maka akan terjadi kesalahan pengamatan;
- i. Badai magnetik akan mempengaruhi sistem navigasi makhluk hidup seperti binatang migran dan ikan paus;
- j. Periodisitas tingkat kegiatan matahari mempengaruhi iklim di bumi, maka perubahan aktivitas matahari akan menyebabkan perubahan pertumbuhan tanaman, arah angin stratosfer, dan penipisan ozon.

4 METODE PENGAMATAN DAN DATA

Tingkat aktivitas matahari pada bulan Oktober dan November pada adalah fluks matahari pada panjang gelombang 10,7 cm (F10.7) dan flare sinar-X didapat melalui jaringan internet. Data F10.7 diamati di *Dominion Radio Astrophysical Observatory* (DRAO) di Ottawa dan hasilnya seperti pada Gambar 4-1 (<http://www.drao.nrc.ca>). Kemudian flare sinar-X hasil pengamatan observatorium angkasa SOHO dan satelit GOES milik NASA (Gambar 4-2) (<http://sohowww.nascom.nasa.gov>).



Gambar 4-1: Grafik fluks matahari pada panjang gelombang 10,7 cm (F10.7) dari Ottawa, Kanada (<http://www.drao.nrc.ca>).



Gambar 4-2: Intensitas flare sinar-X yang terjadi pada tanggal 28 Oktober 2003 mencapai harga $17,2 \times 10^{-4}$ watt/m² pada pukul 11.24 UT, dan yang terjadi pada tanggal 29 Oktober 2003 mencapai harga 10×10^{-4} watt/m² pada pukul 20.49 UT (<http://sohowww.nascom.nasa.gov>).

Pengamatan lapisan ionosfer dalam rangka melihat pengaruh geomagnet dilakukan menggunakan : (1) ionosonda

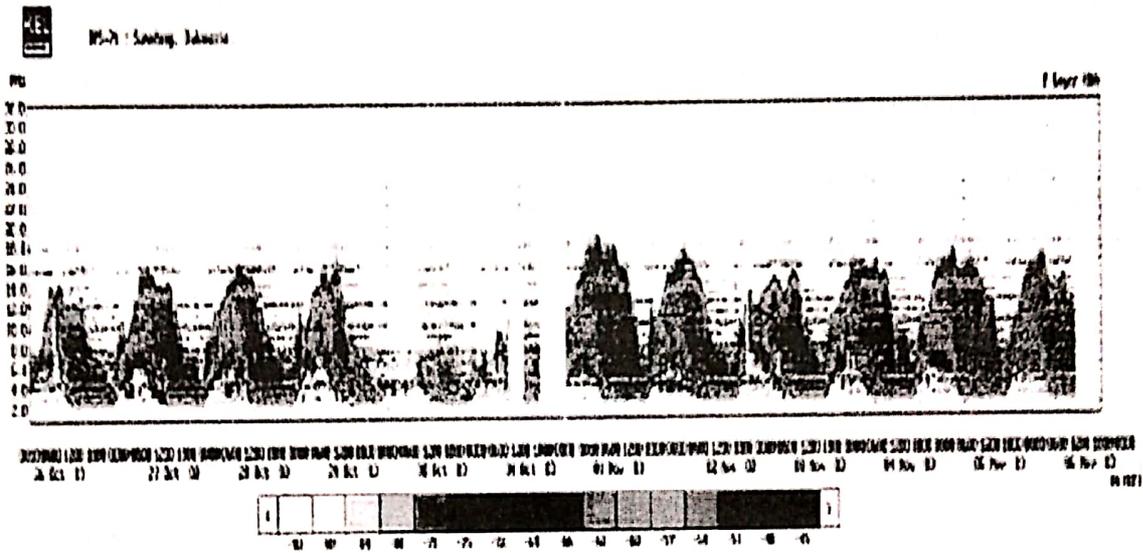
variabel IPS71 yang ditempatkan di Stasiun Pengamat Dirgantara (SPD) Tanjungsari, Sumedang, (2) ionosonda

oblique dengan pemancar di Songkla, Thailand dan penerima di SPD Tanjungsari, dan (3) perangkat monitoring radio gelombang pendek di Bandung.

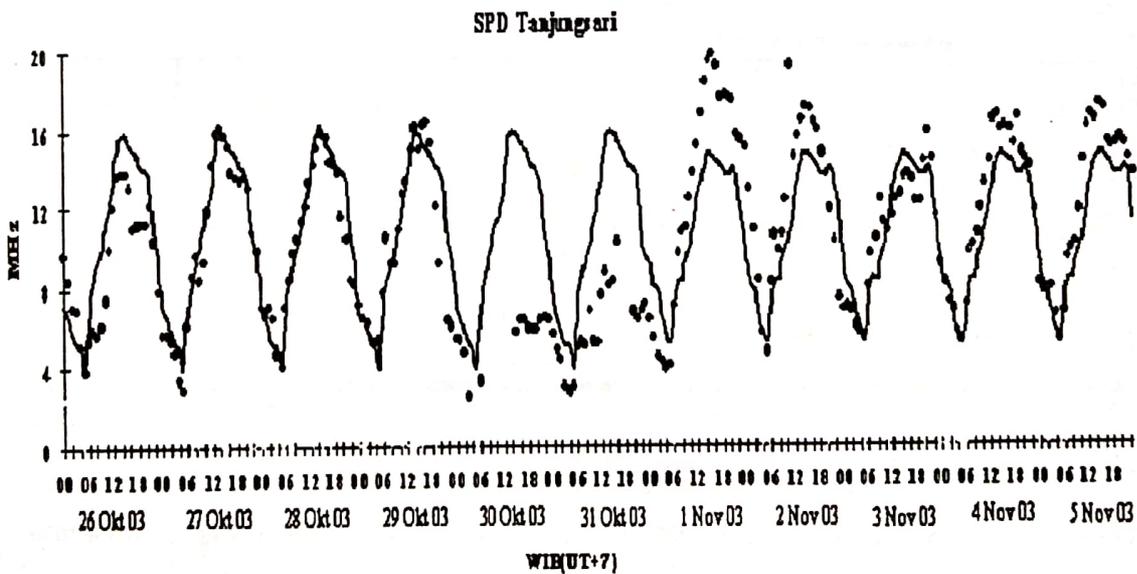
Hasil pengamatan dengan ionosonda tipe IPS71 di SPD Tanjungsari seperti pada Gambar 4-3 dan 4-4. Gambar 4-3 menunjukkan lebar band frekuensi (f_{min} sampai dengan f_{oF2}) yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer di atas Tanjungsari. Jika pita lebar menunjukkan bahwa lapisan

ionosfer tebal, dan sebaliknya jika pita mengecil menunjukkan penipisan lapisan ionosfer. Sedangkan Gambar 4-4 menunjukkan variasi simpangan harga f_{oF2} dengan median bulannya. Jika terjadi harga f_{oF2} jauh lebih kecil dari mediannya dikatakan terjadi badai ionosfer negatif, dan jika sebaliknya disebut badai ionosfer positif.

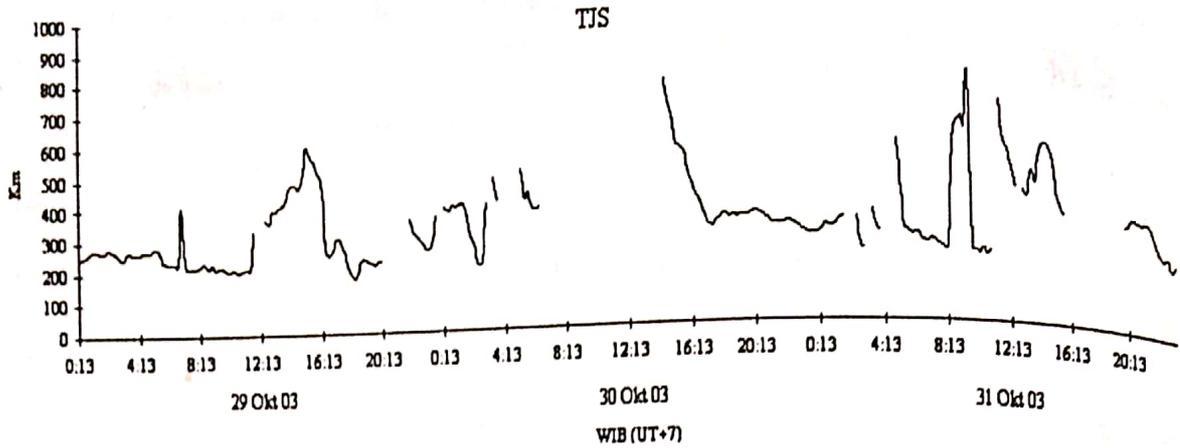
Selanjutnya Gambar 4-5 menunjukkan variasi ketinggian lapisan ionosfer dalam satuan kilometer.



Gambar 4-3: Lebar band frekuensi (HBA) yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer di SPD Tanjungsari dari tanggal 26 Oktober sampai dengan 6 November 2003



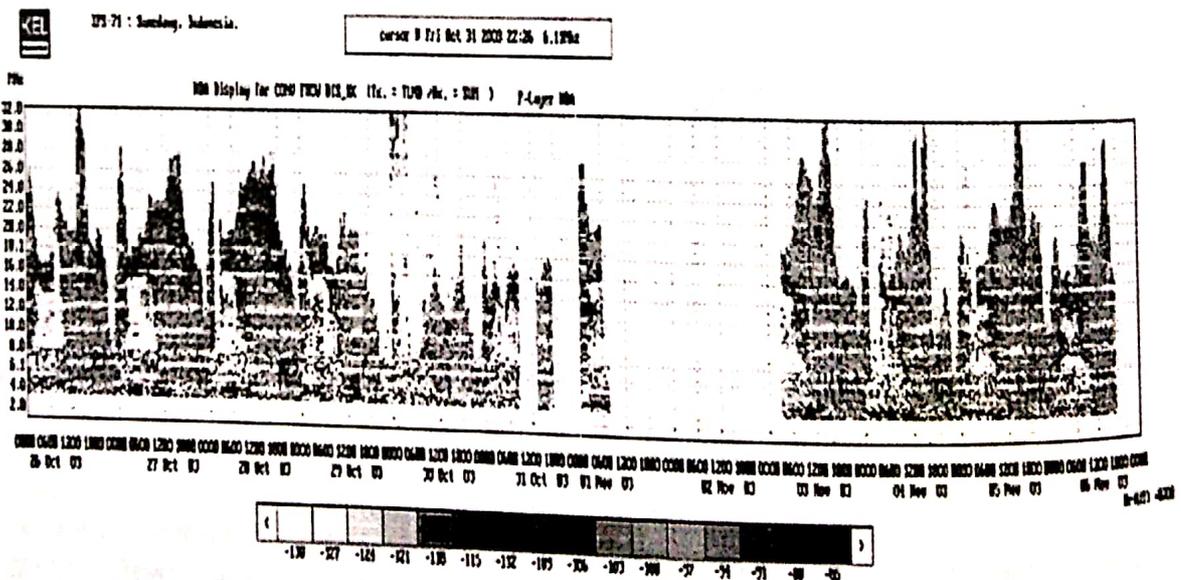
Gambar 4-4: Grafik f_{oF2} di SPD Tanjungsari dari tanggal 26 Oktober sampai dengan 5 November 2003. Pada tanggal 30 Oktober 2003 siang hari terjadi *balckout* ditunjukkan oleh penurunan f_{oF2} secara drastis.



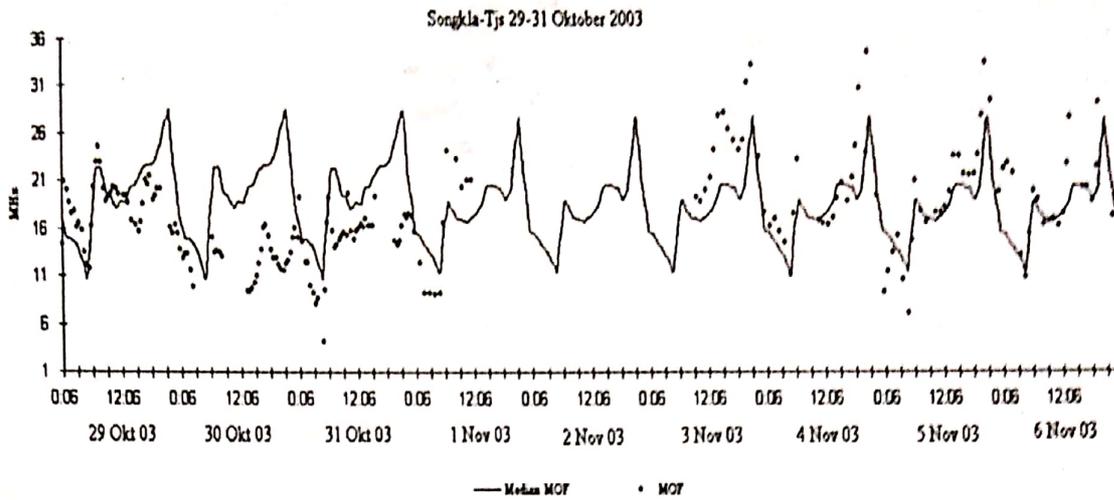
Gambar 4-5: Variasi ketinggian lapisan ionosfer di SPD Tanjungsari, dari tanggal 29 sampai dengan 31 Oktober 2003. Pada tanggal 30 Oktober 2003 terjadi *blackout* pada pagi hari (06.30-13.30 WIB) sehingga ketinggian lapisan ionosfer tidak teramati

Kemudian hasil pengamatan dengan ionosonda *oblique* Songkla-Tanjungsari menghasilkan data seperti pada Gambar 4-6, 4-7, dan 4-8. Gambar 4-6 menunjukkan lebar band frekuensi yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer di atas titik tengah Songkla-Tanjungsari. Perubahan lebar spektrum frekuensi juga menunjukkan perubahan ketebalan lapisan ionosfer di atas tempat tersebut. Kemudian Gambar 4-7 menunjukkan variasi simpangan

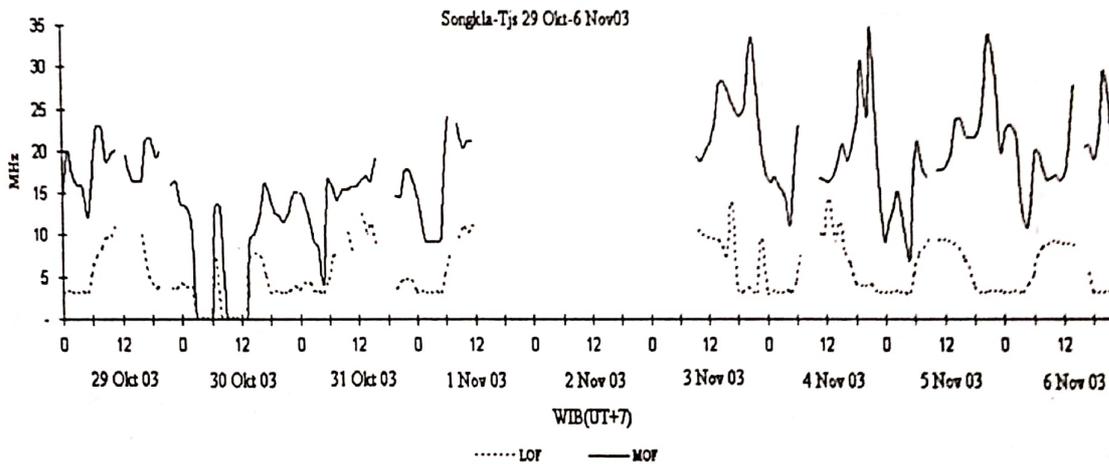
MOF dengan harga mediannya. Jika MOF jauh lebih rendah dari mediannya, maka dikatakan terjadi depresi harga MOF. Sedangkan Gambar 4-8 adalah grafik LOF dan MOF sirkuit komunikasi Songkla-Tanjungsari. *Blackout* terjadi jika terjadi penurunan MOF secara drastis dan kemudian lapisan ionosfer 'menghilang'. Ini menunjukkan bahwa komunikasi radio HF dan VHF-rendah antara Songkla dengan Tanjungsari terputus secara total.



Gambar 4-6: Lebar band frekuensi (HBA) Songkla-Tanjungsari dari tanggal 26 Oktober sampai dengan 6 November 2003. Penurunan MOF terjadi pada tanggal 30 Oktober 2003. Dari tanggal 1 November 2003 pukul 12.30 WIB sampai dengan tanggal 3 November 2003 pukul 10.00 WIB tidak ada pengamatan



Gambar 4-7: Frekuensi maksimum (MOF) dan mediannya untuk Songkla-Tanjungsari tanggal 29 Oktober sampai dengan 6 November 2003. Dari tanggal 1 November 2003 pukul 12.30 WIB sampai dengan tanggal 3 November 2003 pukul 10.00 WIB tidak ada pengamatan



Gambar 4-8: Frekuensi minimum (LOF) dan maksimum (MOF) untuk Songkla-Tanjungsari tanggal 29 Oktober sampai dengan 6 November 2003. *Blackout* terjadi pada pagi dan siang hari tanggal 30 Oktober 2003. Dari tanggal 1 November 2003 pukul 12.30 WIB sampai dengan tanggal 3 November 2003 pukul 10.00 WIB tidak ada pengamatan

Hasil monitoring sinyal RRI Jakarta pada frekuensi 9,680 MHz dan sinyal ABC di Melbourne, Australia pada frekuensi 21,680 MHz juga menunjukkan dampak dari badai antariksa tersebut. Kuat sinyal RRI Jakarta yang di pantau di kota Bandung, sudah menunjukkan penurunan sampai setengahnya pada tanggal 29 Oktober 2003, pagi hari. Kemudian dua hari berikutnya siaran RRI Jakarta tidak tertangkap sama sekali. Sedangkan kuat sinyal gelombang

radio ABC menunjukkan penurunan pada tanggal 29 dan 30 Oktober 2003, namun tidak sampai setengahnya. Pada tanggal 31 Oktober, baik RRI Jakarta maupun ABC, Melbourne siaran kedua stasiun radio tersebut tidak dapat ditangkap.

5 PEMBAHASAN

Meningkatnya lontaran energi matahari dimulai pada tanggal 23 Oktober 2003. Puncak dari aktivitas ini

terjadi pada tanggal 28-30 Oktober 2003 (<http://sohowww.nascom.nasa.gov/>).

Awal perkembangan badai ditandai dengan meningkatnya fluks energi matahari pada spektrum sinar-X dan luas daerah semburan (*flare*). Pantauan melalui satelit GOES menunjukkan bahwa peningkatan fluks sinar-X pada tanggal 28 Oktober, mulai terjadi pada pukul 16.51 WIB dan mencapai puncaknya pada pukul 18.24 WIB (<http://www.lmsal.com/>). Pada puncak aktivitas badai tersebut, fluks sinar-X yang dipancarkan mencapai $17,2 \times 10^{-4}$ watt/m² atau lebih dari 300 kali keadaan sebelum terjadi badai. Luas semburan yang mempunyai kecemerlangan tinggi mencapai lebih dari 3,5 milyar km persegi (<http://www.asu.acs.cz/>).

Kemudian pada tanggal 30 Oktober 2003 dini hari pukul 03.37 WIB sampai dengan pukul 04.10 WIB, terjadi lagi badai dan mencapai puncak aktivitasnya pada pukul 03.49 WIB. Fluks sinar-X yang teramati mencapai 10×10^{-4} watt/m² atau sekitar 200 kali dari keadaan sebelumnya. Luas daerah terjadinya semburan mencapai lebih dari 760 juta kilometer persegi.

Ledakan yang terjadi pada tanggal 28 Oktober 2003, selain memancarkan energi pada panjang gelombang sinar-X, juga menghasilkan proton dengan berbagai rentang energi. Proton dengan energi lebih dari 100 MeV mengalami peningkatan pada tanggal 28 Oktober 2003, mulai pukul 18.45 WIB sampai dengan pukul 13.15 WIB hari berikutnya. Energi maksimumnya mencapai 186 pfu (*proton flux unit*) atau terjadi peningkatan hampir 2000 kali keadaan sebelumnya. Kemudian ledakan yang terjadi pada tanggal 30 Oktober 2003 dini hari waktu Indonesia Bagian Barat, diikuti semburan proton mulai pukul 07.10 WIB sampai dengan pukul 02.35 WIB dini hari tanggal 31 Oktober 2003. Pada puncak aktivitasnya fluks proton mencapai kenaikan lebih dari 1000 kali keadaan sebelum badai.

Pada tanggal 29 Oktober 2003 masa yang disemburkan dari matahari yang berasal dari ledakan pada tanggal 28 Oktober 2003, menumbuk medan magnet bumi pada pukul 13.13 WIB. Peristiwa ini dikenal dengan badai magnetik. Sedangkan ledakan pada dini hari tanggal 30 Oktober 2003 menyebabkan badai magnetik pada tanggal yang sama pukul 23.13 WIB. Jadi waktu yang diperlukan masa hasil ledakan untuk sampai ke bumi sekitar 19 jam.

Pada tanggal 30 dan 31 Oktober 2003 terjadi penipisan lapisan ionosfer (Gambar 3-3) dan penurunan frekuensi kritis lapisan F (*foF2*) (Gambar 4-4). Kejadian seperti ini tidak muncul pada hari-hari sebelumnya, bahkan pada saat terjadinya badai matahari (tanggal 28 dan 29 Oktober 2003). Pada tanggal 30 Oktober 2003, pukul 6.30 WIB sampai dengan pukul 8.00 WIB lapisan F ionosfer 'menghilang' dan tinggal lapisan E saja. Setelah itu lapisan ionosfer hilang sama sekali, dan kemudian muncul kembali lapisan E pada pukul 10.15 WIB. Kemudian setelah pukul 13.30 lapisan F muncul kembali, namun dengan harga *foF2* kurang dari 5 MHz. Selanjutnya pada keesokan harinya tanggal 31 Oktober 2003 masih terjadi penurunan harga *foF2* mulai pagi hari hingga lepas tengah hari. Harga *foF2* menunjukkan penyimpangan negatif terhadap harga mediannya. Keadaan ini disebut badai ionosfer negatif. Kemudian pada tanggal 1 November 2003 terjadi hal yang sebaliknya, yaitu 'penebalan' lapisan ionosfer. Harga *foF2* jauh lebih tinggi dari harga mediannya. Kondisi seperti ini dikatakan terjadi badai ionosfer positif. Selain itu, pada saat terjadi *blackout* dan penurunan secara drastis frekuensi maksimum lapisan ionosfer (*foF2*), lapisan ionosfer bergerak keatas hingga ketinggiannya mencapai lebih dari 700 km (Gambar 4-5). Hal ini sangat berbeda jauh dari ketinggian lapisan ionosfer pada hari-hari biasa yaitu di sekitar 300 km.

Sementara itu, hasil pengamatan ionosonda oblique Songkla-Tanjungsari menunjukkan adanya penurunan MOF secara drastis, dan bahkan seakan lapisan pemantul menjadi hilang sama sekali pada selang waktu pukul 2.30 – 6.00 WIB dan dari pukul 9.00 – 13.00 WIB (Gambar 4-6 dan 4-7). Hal ini menunjukkan terputusnya sinyal radio yang dikirimkan oleh ionosonda ke stasiun Tanjungsari pada hari dan selang waktu tersebut (Gambar 4-8). Peristiwa ini menunjukkan bahwa komunikasi radio antara kedua tempat tersebut putus sama sekali. Pada hari berikutnya (31 Oktober 2003) masih terjadi penurunan MOF namun tidak sampai terjadi *blackout*. Walaupun pengamatan pada tanggal 1 dan 2 November 2003 tidak lengkap, namun masih bisa dilihat bahwa harga MOF jauh lebih tinggi dari mediannya. Ini juga menunjukkan adanya badai ionosfer positif di lapisan ionosfer antara Songkla dengan Tanjungsari.

Jadi badai antariksa yang terjadi pada tanggal 28 dan 30 Oktober menyebabkan badai ionosfer (negatif) di atas Tanjungsari pada tanggal 30 dan 31 Oktober 2003, kemudian diikuti badai ionosfer positif pada tanggal 1 November 2003. Badai tersebut juga berdampak pada terjadinya penurunan harga MOF komunikasi antara Songkla dan Tanjungsari pada tanggal 30 dan 31 Oktober 2003, dan bahkan mengakibatkan *blackout* pada pagi dan siang hari tanggal 30 Oktober 2003. Pada tanggal 1 November 2003 terjadi kenaikan harga MOF yang jauh lebih tinggi dari harga mediannya. Selain itu badai tersebut berdampak pula terhadap penerimaan sinyal gelombang RRI Jakarta dan ABC Melbourne.

Informasi waktu tunda antara kejadian badai matahari dengan kejadian *blackout* komunikasi radio dan penurunan harga foF2 dapat digunakan sebagai bahan peringatan dini komunikasi radio HF dan VHF-rendah, serta bidang-bidang

lain yang terkait. Dengan diketahuinya kejadian badai matahari maka dapat diperkirakan kemungkinan akan terjadinya *blackout*. Sedangkan besar penurunan frekuensi radio yang diakibatkan oleh badai matahari ini belum bisa ditentukan.

6 KESIMPULAN

Dari pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa dampak badai antariksa yang terjadi pada tanggal 28 dan 30 Oktober 2003 adalah terjadinya badai magnetik dan badai ionosfer negatif di Tanjungsari pada tanggal 30 dan 31 Oktober 2003. Kemudian diikuti badai ionosfer positif pada tanggal 1 dan 2 November 2003. Dampaknya terhadap komunikasi radio adalah terjadinya *blackout* pada sirkuit komunikasi Songkla-Tanjungsari yang terjadi tanggal 30 Oktober 2003 sebanyak dua kali yaitu pagi dan siang hari. Badai matahari tersebut berdampak pula terhadap penerimaan sinyal gelombang RRI Jakarta dan ABC- Melbourne. Selain itu terdapat selang waktu lebih dari 19 jam antara kejadian badai matahari dengan dampaknya terhadap komunikasi radio, sehingga informasi ini dapat digunakan untuk peringatan dini.

DAFTAR RUJUKAN

- Adenyi, J. O., 1986. *Magnetic Storm Effects on The Morphology of The Equatorial F-layer*, J. Atmos. Terr. Phys., Vol 48, No.8, hal. 695-702.
- Baran, L. W.; Wielgosz, P.; Cisak, J., and Shagimuratov, 2002. *The Response of Polar Ionosphere to A Magnetic Storm Obtained from GPS Observations*, SCAR Report No.21.
- Buosanto, M. J., 1999. *Ionospheric Storms – A Review*, Space Science Reviews, Vol. 88, hal. 563-601.
- Rodger, A. S., Wrenn, G. L., and Rishbeth, H., 1989. *Geomagnetic Storm in The Antarctic F-region. II. Physical Inter-*

